

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы *Агеева Максима Игоревича*

«Получение порошков жаропрочных никелевых сплавов и их применение в аддитивных технологиях», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Разработка новых жаропрочных сплавов на основе никеля, а также, совершенствование традиционных сплавов, которые широко используются в авиастроении – в газотурбинных двигателях, в наземных энергетических установках, в ракетных двигателях, в атомной энергетике и в оборудовании химической промышленности являются залогом обеспечения высоких эксплуатационных характеристик ответственных узлов и конструкций из них в различных условиях эксплуатации и, соответственно, повышения ресурса и работоспособности агрегатов в целом. При этом возникает необходимость разработки и использования новых методов обработки сложнопрофильных изделий из никелевых сплавов, т.к. обработка резанием их крайне затруднена при низком коэффициенте использования материалов. Одними из передовых способов производства металлических изделий, решающих обе проблемы, являются аддитивные технологии. Однако, стоит отметить, что аддитивное производство (АП) это комплекс технологий, который начинается с процессов получения порошков. К порошкам в АП предъявляются повышенными требованиями по форме, гранулометрическому составу и чистоте.

В связи с вышеизложенным, актуальность диссертационной работы, Агеева Максима Игоревича, направленная на разработку эффективных методов получения сферических и овализированных порошков жаропрочных никелевых сплавов и их апробация в технологиях прямого лазерного выращивания (ПЛВ) и селективного лазерного сплавления (СЛС) не вызывает сомнений.

Научная новизна работы заключается в: установлении закономерностей механической обработки распыленных порошков жаропрочных никелевых сплавов в шаровой вращающейся мельнице, позволяющей устранить дефекты типа «сателлиты», тем самым обеспечив рост насыпной плотности на 13-15%, плотности утряски на 8-10 %, улучшению текучести на 25-30%; а также в получении методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) литых СВС-сплавов на основе моноалюминидов никеля с цирконием, имеющих повышенную стойкость к окислению на воздухе (при $T = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ не более $0,7\text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$), что обусловлено допированием оксида алюминия наноразмерными выделениями фазы $\text{Zr}_5\text{Al}_3\text{O}_{0,5}$.

Практическая значимость работы заключается: в разработке технологии получения овализованного порошка никелевого сплава ВЖ159 и их применении в технологии ПЛВ, что позволило получать изделия с литой бездефектной структурой и остаточной пористостью менее 0,5 %, что подтвердило в АО «Русполимет» построение модельных образцов турбинной лопатки 5-й ступени с точным геометрическим соответствием цифровой модели. Разработанный способ обработки распыленных порошков в шаровой вращающейся мельнице рекомендован к применению на предприятиях АО «Русполимет». Разработана и зарегистрирована технологическая инструкция на процесс изготовления узкофракционных сферических СВС-порошков из сплавов на основе моноалюминидов никеля (ТИ 59-11301236-2023). В депозитарии НИТУ «МИСИС» зарегистрировано ноу-хау № 10-732-2021 ОИС от 02 июля 2021 г «Состав иерархически-структурированного жаропрочного сплава на основе моноалюминидов никеля и способ получения узкофракционного порошка сочетание методов центробежного СВС-литья и плазменной сфероидизации».

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного производственного и исследовательского оборудования. Основные выводы и результаты работы доложены на специализированных российских и международных научно-технических конференциях и не противоречат теоретическим положениям материаловедения и порошковой металлургии.

Содержание диссертационной работы опубликовано в 17 печатных работах: в том числе шести статьях в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в Scopus/Web of Science. Зарегистрировано одно «Ноу-хау».

Замечания:

1. Глава 3 диссертационной работы посвящена механической обработки распыленных порошков марок ЭП648 И ВЖ159 в шаровой мельнице для устранения сателлитов и их «овализации». Механическую обработку проводили при варьировании следующих параметров: размер шаров, время обработки, соотношение масс шаров и шихты, скорость вращения барабана. Однако, ни в тексте автореферата, ни диссертационной работы не указаны численные значения варьирования вышеуказанных параметров, что не допустимо при защите диссертационной работы, что затрудняет адекватно оценить вклад каждого параметра в достигнутый полученный результат.
2. В Главе 3, на наш взгляд, необходимо было провести плазменную сфероидизацию распыленных порошков марок ЭП648 И ВЖ159 и сравнить со свойствами порошков после механической обработки («овализации»).
3. В автореферате не приведено обоснование выбора количества легирующих элементов. Не понятно, почему в Главе 4 в качестве объекта углубленного изучения выбран сплав base именно с 15 % Мо, а в Главе 5 сплав base с Мо, Nb, Hf процентное содержание которых приведено в таблице 6 (автореферат, с. 25).

Сделанные замечания ни в коей мере не снижают ценности работы, которая полностью удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, характеризуется актуальностью, имеет научную новизну и практическую значимость, а диссертант **Агеев Максим Игоревич** заслуживает присвоения ему ученой степени «кандидата технических наук» по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Первый заместитель директора - заместитель директора по науке
Государственного научного учреждения

«Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа»,
адрес: 220005, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Платонова, 41
тел.: +375-17-292-25-26,
e-mail: savich.vadim@gmail.com
кандидат технических наук, доцент



Вадим Викторович Савич

Заведующий НИЛ-15 Государственного научного учреждения
«Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа»,
адрес: 220005, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Платонова, 41
тел.: +375-17-292-63-40,
e-mail: letsko@tut.by
кандидат технических наук, доцент



Андрей Иванович Лецко

Верно

Согласен по научной части
05.12.2023г. *М. В. Мартинюк*